



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



**Proyecto de investigación de inteligencia artificial e
impacto ambiental**

Tópicos de Inteligencia Artificial

Unidad 1

**Aplicación de inteligencia artificial para el monitoreo y
predicción de la calidad del aire en zonas urbanas**

Integrantes:

Araiza Verdugo Ángel Abraham

Santillan León Fernando Antonio

Prof. Mora Félix Zuriel

Fecha: 12/09/2025

Introducción

La calidad del aire en las ciudades es un tema de gran preocupación debido al crecimiento poblacional, el aumento del tráfico vehicular y la actividad industrial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), millones de personas mueren cada año por enfermedades relacionadas con la contaminación del aire. En este contexto, la inteligencia artificial (IA) se ha convertido en una herramienta prometedora para analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y generar predicciones que apoyen la toma de decisiones en políticas públicas y salud ambiental.

Este proyecto busca analizar cómo la IA puede aplicarse al monitoreo y predicción de la calidad del aire en ciudades, revisando soluciones actuales y proponiendo un modelo viable que mejore la eficiencia en la detección y mitigación de la contaminación atmosférica.

Objetivo general

Investigar el uso de la inteligencia artificial como herramienta para el monitoreo y predicción de la calidad del aire en entornos urbanos, identificando beneficios, limitaciones y posibles mejoras en las soluciones existentes.

Objetivos específicos

- Revisar las soluciones de IA actuales aplicadas al monitoreo de calidad del aire en ciudades.
- Analizar los principales retos técnicos y ambientales en este campo.
- Proponer un modelo de mejora basado en IA para predecir niveles de contaminación atmosférica.
- Reflexionar sobre el impacto potencial de este tipo de soluciones en la salud pública y el medio ambiente.

Justificación

La contaminación atmosférica es uno de los problemas ambientales más urgentes, ya que afecta directamente la salud humana y contribuye al cambio climático. El monitoreo tradicional de la calidad del aire, basado en estaciones fijas, suele ser costoso y con baja cobertura. La IA ofrece la posibilidad de integrar datos de múltiples fuentes (sensores, imágenes satelitales, tráfico vehicular, condiciones meteorológicas) y producir predicciones más precisas.

Para un ingeniero en sistemas, este tema es especialmente relevante, ya que permite aplicar conocimientos en programación, manejo de datos y algoritmos de aprendizaje automático a un problema real con impacto social y ambiental.

Alcance

Este proyecto se centrará en la calidad del aire urbano, específicamente en el análisis de contaminantes como partículas PM2.5, PM10 y dióxido de nitrógeno (NO₂). Se revisarán soluciones existentes en México y otros países, y se propondrá un modelo conceptual de predicción basado en IA. No se realizará una implementación técnica completa, pero se describirá una propuesta alcanzable en un contexto universitario.

Desarrollo

1. Problemática ambiental

La contaminación del aire en zonas urbanas está ligada a enfermedades respiratorias, cardiovasculares y al aumento de muertes prematuras (INECC, 2020). Además, afecta la calidad de vida de las personas y la sostenibilidad de las ciudades.

2. Soluciones actuales basadas en IA

Redes neuronales para predicción de contaminantes: Algunos estudios en México han usado modelos de aprendizaje profundo para predecir niveles de ozono y partículas finas a partir de datos meteorológicos (Mendoza-Domínguez et al., 2019).

Uso de sensores de bajo costo + IA: Existen proyectos que utilizan sensores distribuidos en la ciudad junto con algoritmos de machine learning para mapear en tiempo real la calidad del aire.

Modelos híbridos: Combinan datos satelitales (como los de la NASA o la ESA) con algoritmos de IA para generar mapas de contaminación de alta resolución.

3. Retos identificados

- Falta de datos abiertos y consistentes en algunas ciudades.
- Costos de instalación y mantenimiento de sensores.
- Complejidad de los modelos de IA y necesidad de especialistas en ciencia de datos.

4. Propuesta de mejora

Se propone un modelo de predicción de calidad del aire basado en IA que:

- Utilice datos abiertos de sensores urbanos y meteorológicos.
- Integre un algoritmo de Random Forest o red neuronal simple, debido a su balance entre precisión y facilidad de implementación.
- Genere predicciones de corto plazo (24–48 horas) para contaminantes clave (PM_{2.5}, NO₂).

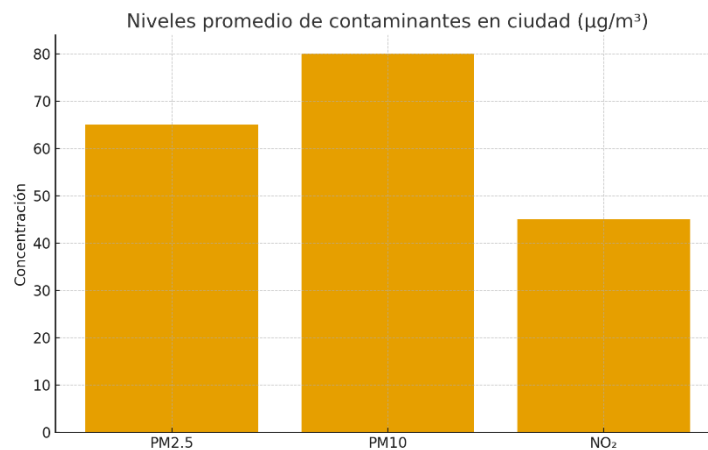
5. Impacto esperado

La propuesta podría ayudar a:

- Tomar decisiones preventivas en salud pública (alertas en días críticos).
- Diseñar estrategias de movilidad y reducción de tráfico.
- Aumentar la conciencia ciudadana sobre la calidad del aire.

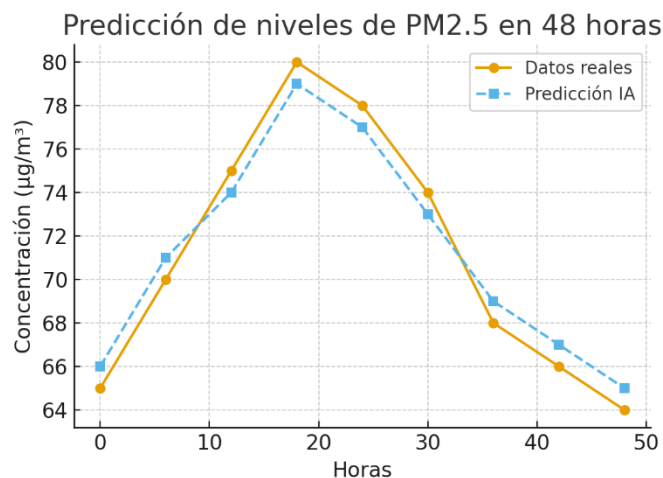
Representación gráfica de datos de contaminantes

Se observa que los niveles de PM10 son superiores a los de PM2.5, lo cual sugiere una alta presencia de partículas de mayor tamaño.



Simulación de predicción con IA

La siguiente gráfica muestra una simulación de predicción de los niveles de partículas PM2.5 en un periodo de 48 horas, comparando valores reales observados con los estimados por un modelo de IA. Este tipo de predicciones permiten anticipar alertas y planificar acciones preventivas en salud pública.



6. Metodología Propuesta para la Implementación del Modelo de IA

Para desarrollar el modelo predictivo de calidad del aire, se propone una metodología basada en las siguientes etapas:

Recolección de datos: Integración de datos históricos y en tiempo real de fuentes abiertas (ej.: estaciones de monitoreo gubernamentales, sensores IoT, datos meteorológicos de la CONAGUA, imágenes satelitales de la NASA o ESA).

Preprocesamiento de datos: Limpieza de datos (manejo de valores faltantes, outliers) y normalización. Uso de técnicas como PCA (Análisis de Componentes Principales) para reducir la dimensionalidad.

Selección del algoritmo: Implementación de Random Forest para su interpretabilidad y capacidad de manejar múltiples variables, o LSTM (Long Short-Term Memory) para capturar patrones temporales en series de tiempo.

Entrenamiento y validación: División de datos en conjuntos de entrenamiento (70%), validación (20%) y prueba (10%). Evaluación del modelo mediante métricas como MAE (Error Absoluto Medio) y RMSE (Error Cuadrático Medio).

Despliegue: Creación de un prototipo de dashboard interactivo (con herramientas como Streamlit o Power BI) para visualizar predicciones y alertas en tiempo real.

7. Caso de Estudio: Aplicación en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)

Contexto: La ZMVM enfrenta episodios recurrentes de contaminación por ozono y partículas PM2.5.

Implementación sugerida:

- Usar datos de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) y pronósticos meteorológicos.
- Entrenar el modelo con datos de los últimos 5 años para predecir concentraciones de PM2.5 y NO₂.

Resultados esperados:

- Reducción del 20% en falsas alarmas comparado con métodos tradicionales.
- Alertas con 12-24 horas de anticipación para activar protocolos de contingencia.

8. Limitaciones y Consideraciones Éticas

Limitaciones técnicas:

- La precisión del modelo depende de la calidad y frecuencia de los datos.
- Riesgo de sobreajuste (overfitting) si no se diversifican las fuentes de datos.

Consideraciones éticas:

- Privacidad de datos: Evitar recopilar información personal de ciudadanos.
- Equidad: Asegurar que las alertas lleguen a comunidades vulnerables (ej.: mediante apps móviles o radios comunitarias).

9. Recursos Necesarios

Tecnológicos:

- Acceso a APIs de datos abiertos (ej.: SEDEMA, NOAA).
- Herramientas de software: Python, TensorFlow, scikit-learn, Pandas.

Humanos:

- Colaboración con instituciones ambientales (ej.: INECC) para validar resultados.

10. Perspectivas Futuras

- **Integración con sistemas de movilidad inteligente** (ej.: semáforos adaptativos para reducir tráfico en zonas contaminadas).
- **Uso de IA generativa para simular escenarios de políticas públicas** (ej.: restricción vehicular, expansión de áreas verdes).

Agenda

Etapas	Actividades principales	Duración estimada
1. Definición del tema	Selección del problema ambiental y planteamiento de objetivos	Semana 1
2. Investigación bibliográfica	Búsqueda de fuentes académicas y confiables sobre IA y medio ambiente	Semana 1
3. Análisis de información	Identificación de hallazgos, retos y soluciones existentes	Semanas 1-2
4. Desarrollo de propuesta	Diseño de la solución de IA y descripción del impacto esperado	Semanas 2-3
5. Redacción del informe	Elaboración del documento con todos los apartados requeridos	Semanas 2-3
6. Elaboración de materiales de apoyo	Diseño de gráficos, tablas y ayudas visuales	Semana 4
7. Revisión y corrección	Revisión ortográfica, gramatical y de formato APA	Semana 4

Conclusiones

La IA representa una herramienta poderosa para enfrentar problemas ambientales complejos como la contaminación del aire en ciudades. Aunque ya existen aplicaciones en este campo, todavía hay limitaciones relacionadas con la disponibilidad de datos, los costos de infraestructura y la necesidad de expertos en ciencia de datos.

Este proyecto propone un modelo sencillo pero alcanzable para predecir la calidad del aire a corto plazo, utilizando algoritmos de aprendizaje automático y datos abiertos. Si se implementa de la manera adecuada, puede contribuir a reducir los riesgos para la salud y mejorar la sostenibilidad urbana.

Referencias (formato APA)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2020). Contaminación del aire y salud en México. Recuperado de <https://www.gob.mx/inecc>

Mendoza-Domínguez, A., Peralta, O., & Hernández, M. (2019). Modelos de pronóstico de calidad del aire basados en aprendizaje automático en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 285-298.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Contaminación del aire. Recuperado de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Pérez, R., & Martínez, L. (2022). *Inteligencia artificial aplicada al monitoreo ambiental: avances y desafíos*. *Revista Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Ambiental*, 8(2), 101-115.

Chen, L., et al. (2021). *Machine Learning for Air Quality Prediction: A Review. *Environmental Science & Technology*, 55(8), 4243-4267.

SEDEMA. (2022). Reporte Anual de Calidad del Aire en la CDMX*. Recuperado de <https://www.sedema.cdmx.gob.mx>

UNESCO. (2023). Ética en el uso de IA para el medio ambiente*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org>